STÜNDLICHE WERTE
DES LUFTDRUCKS UND DER TEMPERATUR
AM DANMARKS-HAVN.

TEILDRUCK.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT MARBURG

VORGELEGT VON

OBERLEHRER WALTHER BRAND
AUS MARBURG.

MARBURG 1912.

KOPENHAGEN.
BIANCO LUNOS BUCHDRUCKEREI.

STÜNDLICHE WERTE
DES LUFTDRUCKS UND DER TEMPERATUR
AM DANMARKS-HAVN.

TEILDRUCK.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT MARBURG

VORGELEGT VON

OBERLEHRER WALTHER BRAND
AUS MARBURG.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

MARBURG 1912.

KOPENHAGEN.
BIANCO LUNOS BUCHDRUCKEREI.

Von der Philosophischen Fakultät als Dissertation angenommen
am 15. Mai 1912.

Gutachter: Privatdozent Dr. Alfred Wegener.
Berichterstatter: Prof. Dr. F. Richarz.

Die vollständige Arbeit mit Zahlentabellen erscheint als 5. Heft des 2. Bandes der „Danmark-Ekspeditionen til Grønlands Nordøstkyst 1906—1908“ in den „Meddelelser om Grønland“.

EINLEITUNG.

Die im folgenden besprochenen stündlichen Werte des Luftdrucks und der Temperatur sind aus den Aufzeichnungen der Barographen und Thermographen entnommen, die im Winterquartier der Danmark-Expedition, dem „Danmarks-Havn", auf 76° 46′ 16.7″ nördlicher Breite und $1^h\,14^m\,58.5^s$ westlicher Länge an der Ostküste Grönlands, von dem Meteorologen der Expedition, Dr. Alfred Wegener, oder dessen Stellvertreter, stud. Freuchen, erhalten wurden. Sie dienen zur Ergänzung der Resultate der bereits erschienenen „Terminbeobachtungen" [1]), die sich ausser auf Luftdruck und Temperatur auf relative Feuchtigkeit, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Bewölkung bezogen. In diesem Heft ist in dem Abschnitt „Wetterjournal" schon eine grosse Zahl von besonders interessanten Stellen der Registrierungen reproduziert worden. Die Aufzeichnungen der Registrierinstrumente erstrecken sich, wenn auch nicht ganz lückenlos, über die ganze Zeit der Anwesenheit der Expedition am Danmarks-Havn, nämlich von Mitte August 1906 bis Mitte Juli 1908.

Lage der Station. Die Station lag am Aussenrande eines vom Inlandeise frei gelassenen durch Fjorde zerschnittenen Küstenstreifens von etwa 80 km Breite auf einer kleinen in den Danmarks-Havn vorspringenden Halbinsel. Die Umgebung nach der Landseite war ein niedriges Hügelland, dessen flache vegetationslose Erhebungen nur wenige Hundert Meter Höhe erreichen. Die höchste Kuppe in unmittelbarer Nähe war der Thermometerfjæld mit einer Höhe von 132 m. Erst in etwa 50 km Entfernung erhob sich ein 30 km breites Plateau von 700—800 m Höhe. Noch weiter westlich schloss sich ein breiter Arm von Inlandeis an mit einer maximalen Höhe von 500 m, und in etwa 120 km Entfernung wurden Gebirgszüge mit 1500—2000 m hohen Gipfeln angetroffen. Die Lage der Station ist

[1]) Alfred Wegener, Meteorologische Terminbeobachtungen am Danmarks-Havn, Danmark-Expeditionen etc., Bd. II, Nr. 4, 1911.

also als sehr frei zu bezeichnen. Die Windverhältnisse und damit auch die Temperaturverhältnisse dürften daher nur wenig oder gar nicht lokal beeinflusst sein.

Messung des Luftdrucks. Zur Registrierung des Luftdrucks standen der Expedition zur Verfügung:

1) ein von der Firma Fuess käuflich erworbener Barograph („Barograph Fuess").

2) ein von Herrn Professor Berson, Berlin, überlassener Barograph, („Barograph Berson").

Beide waren in der gewöhnlichen Weise konstruiert. Das Uhrwerk bewirkte eine Umdrehung des Cylinders in 8 Tagen. Jeden Montag früh fand Auswechslung des Registrierpapieres statt.

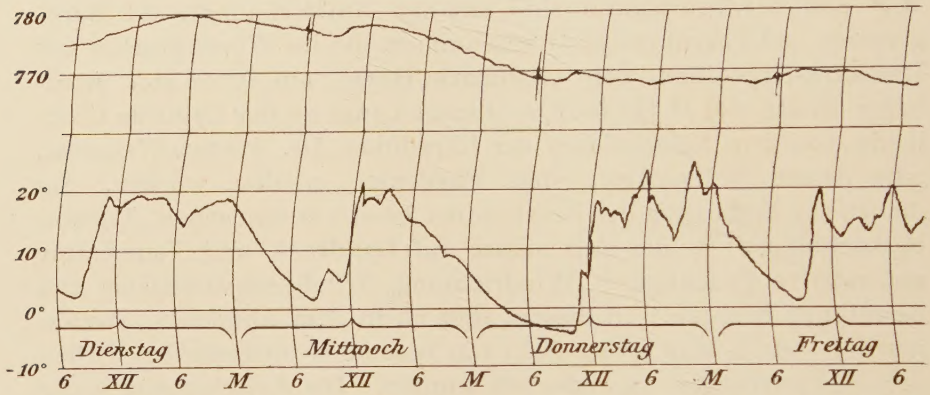

Fig. 1. Registrierung des Barographen Berson (oben) und gleichzeitige Registrierung der Zimmertemperatur vom 10. März 1908 6^a bis 13. März 6^p. (XII bedeutet Mittag).

Da der Barograph Fuess wegen geringer Temperaturkorrektion (s. u.) brauchbarer war als der Barograph Berson, so wurde er dauernd an der Hauptstation benutzt mit Ausnahme der Zeit von November 1907 bis Mai 1908, wo er in der ca. 60 km westlich im Innern des Fjordes gelegenen 2. Station Pustervig verwandt wurde, die im 2. Winter eingerichtet wurde, um das Fjordklima im Gegensatz zu dem der Aussenküste zu untersuchen, während unterdessen der Barograph Berson an seine Stelle trat. Untergebracht war der Barograph während des Sommers im Entree des Hauses, das sich als der einzige Ort erwies, der von Temperaturschwankungen nahezu frei war. Im Winter musste er hauptsächlich wegen des dort auftretenden Rauhreifs im Hause selbst aufgestellt werden. Hier war er leider wegen der Heizung des Zimmers erheblichen Temperaturschwankungen aus-

[1]) W. Brand und A. Wegener: Meteorologische Beobachtungen der Station Pustervig, Danmark-Expeditionen etc. Bd. II, Nr. 6.

gesetzt, die wenigstens den Bersonschen Barographen stark beeinflussten. Fig. 1 gibt eine Probe der Registrierung dieses Barographen Berson im Winter; die obere Kurve gibt den Luftdruck an, die untere die gleichzeitigen Anderungen der Zimmertemperatur.

Die Registrierung zeigt hier vormittags nach dem Anheizen des Zimmers regelmässig einen merklichen Anstieg, während der Nacht im abgekühlten Zimmer ein deutliches Sinken.

Es erschien daher auf alle Fälle ratsam, die Temperaturkorrektion für beide Barographen zu bestimmen. Am 13. Oktober 1906 war der Barograph Fuess der Reihe nach den Temperaturen + 12.9°, + 6.3°, + 7.1°, + 1.4° ausgesetzt und zeigte dabei auf 763.2 mm, 763.3 mm, 763.0 mm, 762.6 mm. Es entspricht also beim Barographen Fuess

einer Temperaturzunahme von 6.6° eine Druckzunahme von — 0.1 mm
„ „ „ 0.2° „ „ „ + 0.3 „
„ „ „ 4.7° „ „ „ + 0.4 „

Die gleichzeitigen Ablesungen am Quecksilberbarometer ergaben nun aber auch keine konstanten Werte, so dass während der Prüfung wirkliche kleine Druckschwankungen vorhanden waren, die die Messung noch unsicherer machen. Jedenfalls aber ist die Korrektion so klein, dass sie mit Sicherheit nicht bestimmt werden kann.

Die Temperaturprüfung des Barographen Berson fand am 27. April 1908 statt. In Zwischenräumen von $^3/_4$—1 Stunde war der Barograph verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Die Auswertung des entstandenen Barogramms ergibt:

14.3° Temperaturdifferenz entspricht eine Änderung von 1.9 mm
18.0° „ „ „ „ „ 2.0 „
15.0° „ „ „ „ „ 2.5 „
16.6° „ „ „ „ „ 2.2 „

Wenn man annimmt, dass die Änderung des Luftdrucks in arithmetischer Reihe proportional der Temperaturänderung steigt, so gibt Fig. 2 ein Bild der recht beträchtlichen Temperaturkorrektion für diesen Barographen. Von einer Anbringung dieser Korrektion wurde aber zunächst abgesehen.

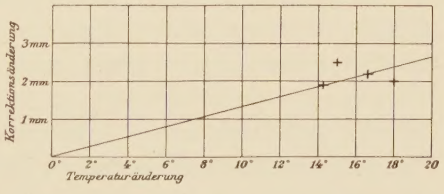

Fig. 2. Temperaturprüfung von Barograph Berson.

Die Basiswerte der Registrierung sind die dreimal täglich um 8^h früh, 2^h mittags und 9^h abends erfolgten und in den „Terminbeobachtungen“ bereits veröffentlichten Ablesungen am Quecksilberbarometer der Station. Diese Basiswerte und damit auch die in den

folgenden Tabellen gegebenen stündlichen Werte sind auf 0° Quecksilbertemperatur und auf den Meeresspiegel — das Instrument hatte 6.3 m Seehöhe — aber noch nicht auf die Normalschwere reduziert. Diese letzte Korrektion, die nach der Formel berechnet ist:

$$b' - b = -0.00259 \cos 2\varphi \cdot b,$$

wo φ die geographische Breite bedeutet, beträgt für 76.75° + 1.76 mm. Entsprechend dem bei den „Terminbeobachtungen" befolgten Verfahren wird sie in der Diskussion der Resultate berücksichtigt werden, während in den Tabellen noch die unkorrigierten Werte gegeben sind.

Die Ablesung der stündlichen Werte aus den Barogrammen wurde von mir in der üblichen Weise mit einer von Fuess gelieferten Glasplatte ausgeführt, in welche eine passende Zeitskala und eine horizontale Basislinie für 760 mm eingeritzt waren. Der oft fehlerhafte Gang des Uhrwerks der Barographen wurde in der Weise korrigiert, dass der Fehler gleichmässig auf den ganzen Zwischenraum zwischen den Zeitmarken (8^ha, 2^hp, 9^hp) verteilt wurde. Es wurden dann die Differenzen der Angaben des Barogramms gegen die Terminablesungen festgestellt; aus diesen Differenzen wurde für jedes Blatt, also für einen Zeitraum von 8 Tagen, das Mittel gebildet und diese mittlere Differenz zu allen Ablesungen addiert. Wegen dieser Verwendung mittlerer Korrektionen zeigen natürlich die für die Terminstunden erhaltenen Registrierwerte geringe Abweichungen gegen die einzelnen am Quecksilberbarometer erfolgten Ablesungen.

Das Tagesmittel ist aus den stündlichen Werten nach der Formel

$$b_m = \left[\frac{12^I p + 12^{II} p}{2} + 1a + 2a + \ldots + 11p \right] : 24$$

gebildet.

Alle Zeitangaben beziehen sich auf mittlere Ortszeit. Sie sind im allgemeinen auf ± 10 Minuten sicher.

Messung der Temperatur. Zur Registrierung der Temperatur standen der Expedition 3 Thermographen zur Verfügung. Zwei waren von der Firma Fuess käuflich erworben, u. z. waren es die billigen Modelle, sog. Bimetallthermometer, in der namentlich für technische Zwecke gebräuchlichen Ausführung. Der dritte war vom Königl. Preussischen Meteorologischen Institut zu Berlin geliehen; er war mit Strahlungsschutz versehen und enthielt ein Bourdonrohr, das mit Amyl-Alkohol gefült war. Dieser gefriert sonst meist bei etwa —20°. Der betr. Thermograph ertrug noch am 7. Oktober 1906 etwa —14°; aber beim Papierwechsel am 8. Oktober erstarrte, wohl in-

folge der Erschütterung, die Flüssigkeit bei — 13°, wobei die Feder auf —4° heraufschnellte, wo sie allen weiteren Temperaturschwankungen zum Trotz fast unbeweglich weiter schrieb. Nachdem dann der Alkohol im Hause aufgetaut war und das Instrument wieder ordnungsmässig registrierte, wurde es bei einer Temperatur von —22° nochmals ins Freie gebracht. Es registrierte hier 16 Stunden lang ungestört, offenbar mit unterkühlter Flüssigkeit. Dann schnellte die Feder plötzlich von —20° auf —8° und wurde unbeweglich. Der Inhalt des Bourdonrohres war also wieder erstarrt. Man sieht hieraus, dass derartige mit Amyl-Alkohol gefüllte Bourdonröhren für eine Station wie Danmarks-Havn, deren Jahresmitteltemperatur etwa —12° beträgt, nur von beschränktem Nutzen sein können. Das Instrument wurde nach diesen Erfahrungen im Hause aufgestellt, wo die Verfolgung der Temperaturschwankungen wegen ihres Einflusses auf den Barographen von Wert war.

Der eine der Fuess'schen Thermographen fand Aufstellung in der englischen Hütte (grosses Modell), die sich in der Nähe des Stationshauses befand und mit dem Gestell so weit in den Boden hineingegraben wurde, dass letzteres noch 2 m aus einer 30 cm hohen Bodenerhöhung herausragte. Die bearbeiteten Registrierungen sind mit ihm erhalten.

Der zweite Thermograph wurde, um zu versuchen, die Temperatur auch in grösserer Höhe zu registrieren, in der 30 m hohen Ausguckstonne auf dem Grossmast angebracht, später auf dem Thermometerfjæld in 132 m Höhe und 1 km Entfernung im N. O. der Station und zwar in einer kleineren Thermometerhütte einfacher Konstruktion. Beide Versuche fielen unbefriedigend aus, die Messungen in der Tonne wegen der Strahlungseinflüsse, die auf dem Thermometerfjæld durch Störungen infolge von Schneestürmen, die nach dem Bericht des Wetterjournals vom 26. Okt. 1906 schliesslich sogar die mit aufgelegten Steinen beschwerte Thermometerhütte den Abhang hinabschleuderten und mitsamt ihrem Inhalt zerschmetterten. Doch gelang es den Thermographen wieder zu reparieren, so dass er nach einer Probezeit, während welcher er gleichzeitig mit dem andern Fuess'schen Thermographen registrierte, später noch an der Station Pustervig verwendet werden konnte.

Die Schneestürme haben auch an der Station die Registrierung der Temperatur oft ungünstig beeinflusst, bezw. für kurze Zeit ganz unterbunden. Es hat sicher grosser Sorgfalt und vieler Mühe seitens der Meteorologen bedurft, um diese Störungen so viel wie möglich auszuschalten. Zwar hatte man vor und hat es auch ausprobiert, den Thermographen bei Schneestürmen in ein luftdicht schliessendes

Blechgehäuse zu setzen in der Annahme, dass der auftretende starke Wind genügen würde, das Instrument trotz seiner Abschliessung auf der Lufttemperatur zu erhalten. Wie das Thermogramm (Fig. 3) erkennen lässt, ergab es sich aber, dass der Thermograph nicht mehr imstande war, den schnellen Schwankungen der Lufttemperatur zu folgen. Dies Verfahren musste also schon nach wenigen Versuchen aufgegeben werden.

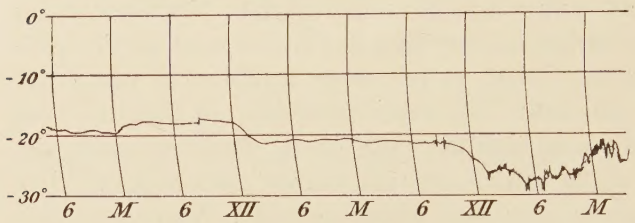

Fig. 3. Registrierung des Thermographen vom 10. Jan. 1907 6ᵖ bis zum 12. Jan. Mittn., anfangs im Blechgehäuse, vom 12. 1ᵖ ab ausserhalb desselben.

Die auf diese Weise nicht vermeidbaren Störungen der Registrierungen durch die Schneestürme sind verschiedener Art. In den weitaus meisten Fällen wurde die Öffnung, durch welche der Übertragungshebel in das Gehäuse führt, mit Schnee verstopft, so dass die Feder unbeweglich wurde. Zuweilen drang auch soviel Schnee in das Gehäuse des Thermographen ein, dass das Uhrwerk gebremst oder die Tinte ausgelöscht wurde. In manchen Fällen musste der Thermograph hereingeholt und gereinigt werden. Dabei schmolz der Schnee. Und wenn man nun nicht wartete, bis alles Wasser verdampft war, was natürlich kaum festzustellen war, so fror das Uhrwerk beim Hinausbringen ins Freie fest. Die Folgen dieser Störungen sind wiederholte Lücken in den Registrierungen, die sich namentlich im November 1906, Februar 1907, November 1907, Januar 1908 und Februar 1908 finden.

Die Basiswerte der Temperaturregistrierung sind die Ablesungen um 8^ha, 2^hp, 9^hp an einem vom Kgl. Meteorologischen Institut zu Berlin geliehenen $^1/_2$ Grad-Thermometer (Quecksilber), die ebenfalls bereits in den „Terminbeobachtungen“ veröffentlicht sind.

Die Messung der stündlichen Werte der Temperatur aus den Registrierkurven erfolgte in derselben Weise wie bei den Barogrammen mit einer zweiten von Fuess gelieferten Glastafel mit passender Skala. Auch hier wurde wieder aus den Differenzen gegen die Terminablesungen für jedes Blatt eine mittlere Korrektion berechnet, die zu jedem abgelesenen stündlichen Werte addiert wurde. Die Zeitangaben in den Registrierungen beziehen sich wie bei den Barogrammen auf mittlere Ortszeit. Sie sind, wie schon erwähnt, nur auf $\pm$ 10 Min. genau. Dazu kommt, dass bisweilen bei schlechtem Wetter Verspätungen beim Anbringen der Zeitmarken eintraten, indem der Beobachter längere Zeit nach der englischen Hütte suchen musste.

Ein genauere Berücksichtigung dieser Differenz war nicht immer möglich. Bei den schnellen Temperaturschwankungen können infolge solcher Zeitverschiebungen die einzelnen Werte bisweilen mit erheblichen Fehlern behaftet sein, woraus sich z. T. wohl die Abweichungen von den Terminbeobachtungen erklären. Die Mittelwerte werden hierdurch natürlich nicht beeinflusst.

Das Tagesmittel ist wieder nach der Formel gebildet:

$$t_m = \left[\frac{12^I p + 12^{II} p}{2} + 1a + 2a + \ldots\ldots + 11p \right] : 24.$$

DISKUSSION DER ERGEBNISSE.

Luftdruck.

Jährlicher Gang. Der jährliche Gang des Luftdrucks auf Grund der Terminablesungen am Quecksilberbarometer ist bereits in den mehrfach zitierten „Terminbeobachtungen“ zum Gegenstand der Untersuchung gemacht worden, zu der die folgenden Bemerkungen, die auf der Auswertung der Registrierkurven beruhen, als Ergänzung dienen sollen.

Ein Vergleich der Monatsmittel des Luftdrucks, wie sie sich aus der Registrierung ergeben, mit den aus den Terminbeobachtungen gewonnenen Resultaten zeigt nur geringe Abweichungen.

Vergleich der Registrierung und der Terminablesungen.

	Registrierung	Termin-beobachtung	Differenz	
August 1906	760.8 mm	760.7 mm	+0.1 mm	
September	55.5	55.6	—0.1	
Oktober	54.7	54.7	0.0	
November	64.4	64.4	0.0	
Dezember	54.8	54.9	—0.1	
Januar 1907	54.1	54.2	—0.1	
Februar	53.3	53.3	0.0	
März	52.4	52.5	—0.1	
April	61.5	61.6	—0.1	
Mai	69.1	69.1	0.0	
Juni	60.4	60.4	0.0	
Juli	64.4	64.5	—0.1	
August	58.3	58.3	0.0	
September	53.7	53.7	0.0	
Oktober	56.0	56.4	—0.4	(s. u.)
November	51.4	51.5	—0.1	
Dezember	60.0	60.1	—0.1	
Januar 1908	50.5	50.5	0.0	
Februar	57.8	57.8	0.0	
März	59.3	59.4	—0.1	
April	66.3	66.4	—0.1	
Mai	61.6	61.6	0.0	
Juni	57.8	57.9	—0.1	
Juli	58.7	58.5	+0.2	

Die grosse Differenz im Oktober erklärt sich dadurch, dass der Barograph an zwei Tagen von durchschnittlich hohem Luftdruck, auf deren einen das Maximum für den ganzen Monat fällt, versagte. Sieht man von dieser Differenz ab, so ergibt sich für die ganze

Beobachtungsreihe eine mittlere Differenz von nur —0.03 mm, die auf das Jahresmittel [758.23 + 1,76 = 759,99 mm] keinen Einfluss hat.

Die Schwankungen der Monatsmittel um den Durchschnittswert beider Beobachtungsjahre sind sehr gross, so dass der jährliche Gang in den beiden Einzeljahren ganz verschieden erscheint. Man sieht also, mit wie wenig Berechtigung man aus den Beobachtungen eines einzigen Jahres Schlüsse auf die durchschnittlichen Verhältnisse ziehen darf.

Nimmt man aus den Mitteln sowie aus den extremen Werten je zweier Monate das Mittel, so erhält man folgende Tabelle, in der die Schwerekorrektion nicht angebracht ist.

Jährlicher Gang des Luftdrucks im Durchschnittsjahr.

		Mittleres		
	Monatsmittel	Max.	Min.	Diff.
August	759.6 mm	761.2 mm	757.8 mm	3.4 mm
September	54.6	57.0	52.0	5.0
Oktober	55.4	58.0	52.2	5.8
November	57.9	59.7	55.0	4.7
Dezember	57.4	60.4	54.4	6.0
Januar	52.3*	56.2	48.3*	**7.9**
Februar	55.6	59.4	51.8	7.6
März	55.8	59.4	52.4	7.0
April	63.9	66.4	61.2	5.2
Mai	**65.4**	**67.0**	63.6	3.4
Juni	59.1	60.4	57.8	2.6*
Juli	61.6	63.0	60.1	2.9

Der jährliche Gang wird übersichtlicher durch die graphische Darstellung in Fig. 4.

Daraus geht hervor, dass die Monate Januar, Februar, März einen niedrigen Luftdruck haben. Er erreicht sein Maximum im Mai. Betrachtet man das Ergebnis der einzelnen Beobachtungsjahre, so sieht man, dass dies Maximum im 1. Jahre in den Mai, im 2. in den April fällt. Hann giebt für 80° nördl. Breite April als Monat der Maximums an, für 71° den Mai. Dem würde unser Resultat für Danmarks-Havn von 76° entsprechen. Auch ein 2. in Polargebieten vielfach nachgewiesenes Maximum im

Fig. 4. Jährlicher Gang des Luftdrucks.

November ist vorhanden. A. Wegener konstatiert in den „Terminbeobachtungen“ einen eigentümlichen Zusammenhang zwischen diesem Maximum und der Eisbedeckung, worauf an dieser Stelle hingewiesen sein soll.

Die Differenz der mittleren Monatsextreme gibt die mittlere Monatsschwankung an. Sie ist am grössten im Januar, am kleinsten im Juni. Die mittlere Jahresschwankung als Mittel der absoluten Monatsschwankungen berechnet ist 30.8 mm. Vergleicht man die Werte der Luftdruckmaxima und -minima, so sieht man, dass die Maxima sich nicht so hoch über den Mittelwert erheben als die Minima unter ihm bleiben.

Das niedrigste beobachtete Minimum war 722.3 + 1.76 = 724.1 mm am 16. Jan. 1907; das absolute Maximum wurde beobachtet am 10. März 1908 mit 783.3 + 1.76 = 785.1 mm. Die absolute Schwankung ergibt sich also zu 61.0 mm, ist also nur um 0.7 mm grösser als der aus den Terminbeobachtungen gefundene Wert. Doch sind die Zeiten des Eintretens des Maximums verschieden. Die grösste Tagesschwankung herrschte am 16. Jan. 1907 mit 31.9 mm, wobei der Luftdruck von 754.2 mm um Mitternacht bis 722.3 mm 9^h abends fiel. Die kleinste Tagesschwankung von 0.3 mm war am 14. Juli 1907, wo der Luftdruck zwischen 766.1 mm und 766.4 mm schwankte.

Täglicher Gang des Luftdrucks. In der Einleitung wurde bereits nachgewiesen, dass der Barograph Berson eine grosse Temperaturkorrektion hatte. Aus diesem Grunde habe ich bei der Berechnung der täglichen Periode des Luftdrucks nur die Aufzeichnungen des Barographen Fuess zugrunde gelegt, der 17 Monate von den 24 auf der Station verwandt wurde. Unter Zufügung der Schwerekorrektion ergibt sich folgende Tabelle:

Täglicher Gang des Luftdrucks.

Stunde:	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h	6^h	7^h	8^h	9^h	10^h	11^h	12^h
Vorm:	700+60.01	59.98	59.98	59.97*	60.04	60.11	**60.20**	60.17	60.14	60.11	60.06	60.02
Nachm.:	59.98	59.95	59.90	59.88*	59.90	59.96	59.98	**60.06**	60.01	59.96	59.95	59.97

Die Abweichungen vom Jahresmittel 760.02 mm betragen also in Hundertsteln des mm:

Abweichungen vom Jahresmittel.

Stunde:	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h	6^h	7^h	8^h	9^h	10^h	11^h	12^h
Vorm:	—.01	—.04	—.04	—.05*	.02	.09	**.18**	.15	.12	.09	.04	.00
Nachm:	—.04	—.07	—.12	—.14*	—.12	—.06	—.04	**.04**	—.01	—.06	—.07	—.05

Die Tabelle Seite 12 gibt den täglichen Gang des Luftdrucks auch für die einzelnen Jahreszeiten an [Schwerekorrektion nicht angebracht], sowohl absolut als auch in Abweichungen vom jeweiligen Jahreszeitenmittel.

Fig. 5 zeigt dieselben Resultate in graphischer Darstellung.

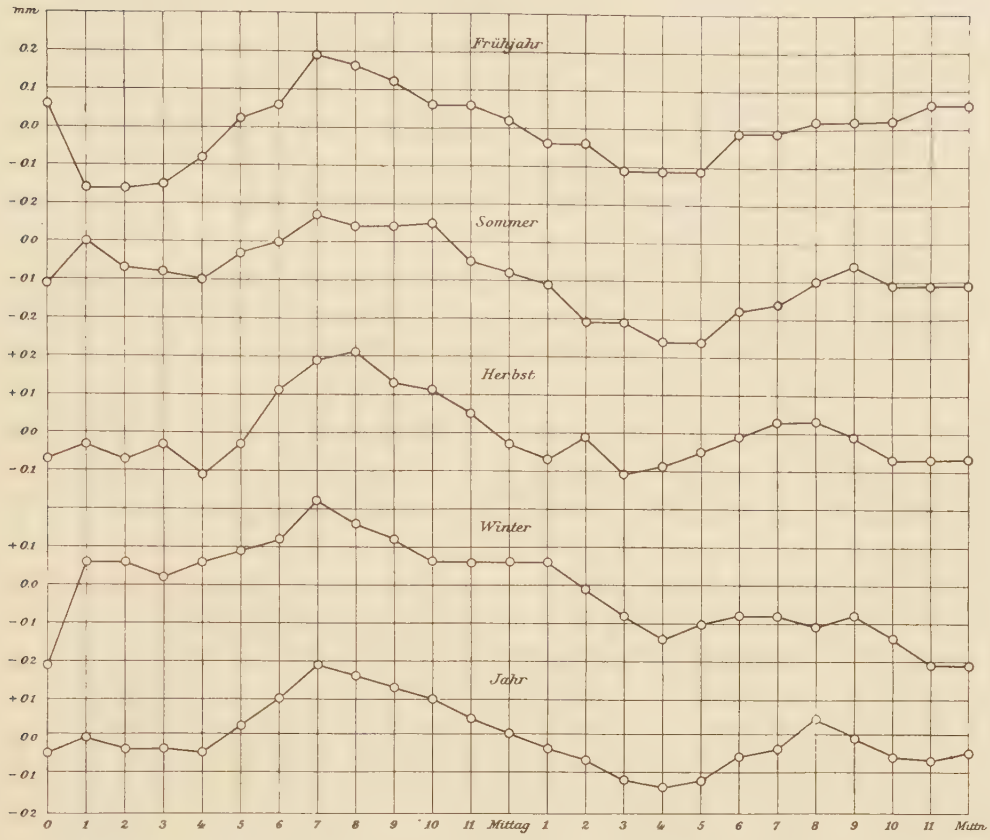

Fig. 5. Täglicher Gang des Luftdrucks in Abweichungen vom Mittel.

Man sieht aus dem Gang bestätigt, dass die tägliche Periode eine doppelte ist. Die Minima liegen um 4^h früh und 4^h nachmittags, während die Wellenscheitel auf 7^h früh und 8^h abends fallen. Das Maximum um 7^h früh ist höher als das Abendmaximum um 8^h p, das Nachmittagsminimum tiefer als das Minimum frühmorgens, was charakteristisch für ein kontinentales Klima ist. Die Maxima, die in mittleren Breiten zwischen 9 und 10 Uhr morgens und abends fallen, erscheinen also verschoben und auseinandergerückt.

Ausserdem findet sich ein drittes kleines Maximum um 1^h früh. Nach dem Abendmaximum um 8^h sinkt der Luftdruck zunächt etwas bis 11^h, um dann wieder bis 1^h um einen geringen Betrag zu steigen, und erst dann tritt weiteres Sinken bis zum Morgenminimum ein. Zwar handelt es sich nur um sehr kleine Änderungen. Aber trotzdem ist es vielleicht dieselbe Erscheinung, die bisher zuweilen

Täglicher Gang des Luftdrucks (

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mitta
Frühjahr.	60.85	60.85	60.86	60.93	61.03	61.07	61.20	61.16	61.13	61.07	61.07	61.03
Sommer..	60.18	60.11	60.10	60.08	60.15	60.18	60.25	60.22	60.22	60.23	60.13	60.10
Herbst....	56.84	56.80	56.84	56.76	56.84	56.98	57.06	57.08	57.00	56.98	56.92	56.84
Winter...	54.17	54.17	54.13	54.17	54.20	54.23	54.33	54.27	54.23	54.17	54.17	54.17
												Abweichunge
Frühjahr.	—.16	—.16	—.15	—.08	+.02	+.06	+.19	+.16	+.12	+.06	+.06	+.02
Sommer..	.00	—.07	—.08	—.10	—.03	—.00	+.07	+.04	+.04	+.05	—.05	—.08
Herbst ...	—.03	—.07	—.03	—.11	—.03	+.11	+.19	+.21	+.13	+.11	+.05	—.03
Winter...	+.06	+.06	+.02	+.06	+.09	+.12	+.22	+.16	+.12	+.06	+.06	+.06

in der gemässigten Zone beobachtet ist, während sie in den Tropen verschwindet. Dies Luftdruckmaximum tritt dort nur im Winter auf. Auch hier zeigt sich im Winter ein Maximum des Ansteigens, aber auch im Sommer nnd im Herbst ist es vorhanden, wie ein Blick auf Fig. 5 beweist.

Alle Kurven der Fig. 5 zeigen im grossen und ganzen denselben Verlauf. Stark ausgeprägt ist in allen Jahreszeiten das Frühmaximum um 7^h, das nur im Herbst etwas nach 8^h verschoben erscheint. Während der Anstieg zu diesem Maximum sehr steil ist, fällt nachher der Luftdruck langsam. Die beiden täglichen Luftdruckwellen sind also nicht ganz symmetrisch. Die Tagesschwankung beträgt 0.32 mm, die Schwankung während der Nacht nur 0.11 mm. Das Mittel aus diesen beiden Amplituden kann man als das Mass der täglichen Schwankung ansehen. Demnach ist die Amplitude der täglichen Barometerschwankung 0.22 mm. Nimmt man als Mass der Schwankung das Mittel der Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel ohne Rücksicht auf die Vorzeichen, also die mittlere Ordinate der Tageskurve, so erhält man nur 0.06 mm. Jedenfalls geht aus den Messungen hervor, dass die Amplitude sehr gering ist. Es bestätigt sich also die Erfahrung, dass die Amplitude bei Zunahme der geographischen Breite abnimmt.

Harmonische Analyse des täglichen Ganges des Luftdrucks. Wegen der deutlichen Periode im täglichen Gang des Luftdrucks wurde der Versuch gemacht, ihn auf einen mathematischen Ausdruck zu bringen. Die Berechnung erfolgte nach den Besselschen Formeln zur Darstellung einer periodischen Funktion. Jede derartige Funktion kann man durch eine unendliche Reihe von folgender Form darstellen, in der a_1, a_2, ... die Amplituden, A_1, A_2, ... die Phasenzeiten bedeuten:

den verschiedenen Jahreszeiten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittn.	Mittel
60.97	60.97	60.90	60.90	60.90	61.00	61.00	61.03	61.03	61.03	61.07	61.07	61.01
60.07	59.97	59.97	59.92	59.92	60.00	60.02	60.08	60.12	60.07	60.07	60.07	60.18
56.80	56.86	56.76	56.78	56.82	56.86	56.90	58.90	58.86	56.80	56.80	56.80	56.87
54.17	54.10	54.03	53.97	54.00	54.03	54.03	54.00	54.03	53.97	53.90	53.97	54.11

vom Mittel.

—.04	—.04	—.11	—.11	—.11	—.01	+.01	+.02	+.02	+.02	+.06	+.06
—.11	—.21	—.21	—.26	—.26	—.18	—.16	—.10	—.06	—.11	—.11	—.11
—.07	—.01	—.11	—.09	—.05	+.01	+.03	+.03	—.09	—.07	—.07	—.07
+.06	—.01	—.08	—.14	—.11	—.08	—.08	—.11	—.08	—.21	—.14	—.21

$$T = a_0 + a_1 \sin(A_1 + x) + a_2 \sin(A_2 + 2x) + a_3 \sin(A_3 + 3x) + \ldots$$
$$= a_0 + a_1 \sin A_1 \cos x + a_1 \cos A_1 \sin x + a_2 \sin A_2 \cos 2x + a_2 \cos A_2 \sin 2x + \ldots$$

$a_1 \sin A_1 = p_1$; $a_1 \cos A_1 = q_1$.

$$T = a_0 + p_1 \cos x + q_1 \sin x + p_2 \cos 2x + q_2 \sin 2x + \ldots,$$

wo $\frac{p_1}{q_1} = \operatorname{tg} A_1$; $\frac{p_1}{\sin A_1} = \frac{q_1}{\cos A_1} = a_1$; u. s. w.

Die Konstanten in dieser Reihe wurden auf folgende Weise bestimmt: Sind $u_0, u_1, u_2, \ldots$ die beobachteten Werte, n ihre Zahl, so ist

$$p_0 = [u_0 + u_1 + u_2 + \ldots + u_{n-1}] : n \quad \text{(arithmetisches Mittel)}$$

$$p_1 = [u_0 + u_1 \cos x + u_2 \cos 2x + \ldots + u_{n-1} \cos (n-1)x] : \frac{n}{2}$$

$$q_1 = [u_1 \sin x + u_2 \sin 2x + u_3 \sin 3x + \ldots + u_{n-1} \sin (n-1)x] : \frac{n}{2}$$

$$p_2 = [u_0 + u_1 \cos 2x + u_2 \cos 4x + \ldots + u_{n-1} \cos (n-1)2x] : \frac{n}{2}$$

$$q_2 = [u_1 \sin 2x + u_2 \sin 4x + \ldots + u_{n-1} \sin (n-1)2x] : \frac{n}{2}$$

u. s. f.

Diese Ableitung gilt auch für die an späterer Stelle folgende harmonische Analyse des jährlichen und täglichen Ganges der Temperatur.

Im vorliegende Falle ist $n = 24$; x also $= 15°$. In Abweichungen vom Mittel 760.02 mm ist

u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
—0.01	—0.04	—0.04	—0.05	+0.02	+0.09	+0.18	+0.15	+0.12	+0.09	+0.04	0.00

u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}	u_{18}	u_{19}	u_{20}	u_{21}	u_{22}	u_{23}
—0.04	—0.07	—0.12	—0.14	—0.12	—0.06	—0.04	+0.04	—0.01	—0.06	—0.07	—0.05

$a_0 = p_0 = [u_0 + u_1 + \ldots + u_{23}] : 24 = -0.0079.$

$$p_1 = (u_0 + u_1 \cos 15 + u_2 \cos 30 + u_3 \cos 45 + u_4 \cos 60 + \ldots + u_{23} \cos 345) : 12.$$

$$\begin{aligned} p_1 = [&u_0 - u_{12} \\ &+ (u_1 + u_{23} - u_{11} - u_{13}) \cos 15 \\ &+ (u_2 + u_{22} - u_{10} - u_{14}) \cos 30 \\ &+ (u_3 + u_{21} - u_8 - u_{15}) \cos 45 \\ &+ (u_4 + u_{20} - u_7 - u_{16}) \cos 60 \\ &+ (u_5 + u_{19} - u_6 - u_{17}) \cos 75] : 12 \end{aligned}$$

$$p_1 = -0.0072.$$

$$\begin{aligned} q_1 &= (u_1 \sin 15 + u_2 \sin 30 + \ldots + u_{23} \sin 345) : 12 \\ &= (u_1 - u_{23} + u_{11} - u_{13}) \sin 15 \\ &\quad + (u_2 - u_{22} + u_{10} - u_{14}) \sin 30 \\ &\quad + (u_3 - u_{21} + u_9 - u_{15}) \sin 45 \\ &\quad + (u_4 - u_{20} + u_8 - u_{16}) \sin 60 \\ &\quad + (u_5 - u_{19} + u_7 - u_{17}) \sin 75 \\ &\quad + u_6 - u_{18} \end{aligned}$$

$$q_1 = +0.0825.$$

$$\operatorname{tg} A_1 = \frac{p_1}{q_1}; \quad A_1 = 175°; \quad a_1 = \frac{p_1}{\sin A_1}; \quad a_1 = -0.0826.$$

$$p_2 = (u_0 + u_1 \cos 30 + u_2 \cos 60 + \ldots + u_{23} \cos(23 \cdot 30)) : 12$$

$$\begin{aligned} 12 p_2 = &u_0 + u_{12} - u_6 - u_{18} \\ &+ (u_1 + u_{11} - u_5 - u_7 + u_{13} + u_{23} - u_{17} - u_{19}) \cos 30 \\ &+ (u_1 + u_{10} - u_4 - u_8 + u_{14} + u_{22} - u_{16} - u_{20}) \cos 60 \end{aligned}$$

$$p_2 = -0.0516.$$

$$q_2 = (u_1 \sin 30 + \ldots) : 12$$

$$\begin{aligned} 12 q_2 = &(u_1 + u_5 - u_7 - u_{11} + u_{13} + u_{17} - u_{19} - u_{23}) \sin 30 \\ &+ (u_2 + u_4 - u_8 - u_{10} + u_{14} + u_{16} - u_{20} - u_{22}) \sin 60 \\ &+ (u_3 - u_9 + u_{15} - u_{21}) \end{aligned}$$

$$q_2 = -0.0520.$$

$$A_2 = 45°; \quad a_2 = -0.0730.$$

In entsprechender Weise findet man

$$p_3 = (u_0 + u_1 \cos 45° + \ldots) : 12$$

$$p_3 = +0.0117.$$

$$q_3 = (u_1 \sin 45° + \ldots) : 12$$

$$q_3 = +0.0010.$$

$$A_3 = 60°; \quad a_3 = +0.0020.$$

$$p_4 = (u_0 + u_1 \cos 60° + \ldots) : 12$$

$$p_4 = +0.0312.$$

$$q_4 = (u_1 \sin 60° + \ldots) : 12$$
$$q_4 = +0.013.$$
$$A_4 = 67°; \quad a_4 = +0.0338.\ ^1)$$

Aus diesen Werten ergibt sich als Gleichung des täglichen Ganges des Luftdrucks:

$$B = -0.0079 - 0.0826 \sin(175° + x) - 0.0730 \sin(45° + 2x) + 0.0020 \sin(60° + 3x) + 0.0338 \sin(67° + 4x).$$

Um die Formel auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen, wurde wahllos eine Reihe von Werten aus ihr berechnet, die in der folgenden Tabelle mit den beobachteten Werten zusammengestellt sind:

Vergleich der beobachteten und der berechneten Abweichungen vom Tagesmittel.

	u_0	u_1	u_3	u_5	u_7	u_8	u_{11}	u_{12}	u_{13}
Beobachtet:	—0.01	—0.04	—0.05	+0.09	+0.15	+0.12	0.00	—0.04	—0.07
Berechnet:	—0.034	—0.035	—0.039	+0.091	+0.164	+0.135	+0.005	—0.023	—0.068
Diff.:	+0.02	—0.01	—0.01	0.00	+0.01	+0.02	0.00	—0.02	0.00

	u_{15}	u_{17}	u_{20}	u_{23}
Beobachtet:	—0.14	—0.06	—0.01	—0.05
Berechnet:	—0.141	—0.060	—0.018	—0.051
Diff.:	0.00	0.00	+0.01	0.00

Eine grössere Anzahl der berechneten Werte stimmt also recht gut mit der Beobachtung überein.

In der obigen Formel bedeutet der 2. Summand die ganztägige, der 3. die halbtägige Luftdruckwelle, durch deren Übereinanderlagerung die tägliche Luftdruckschwankung entsteht. Siehe auch Fig. 6, in der diese Zerlegung des täglichen Ganges graphisch dargestellt ist.

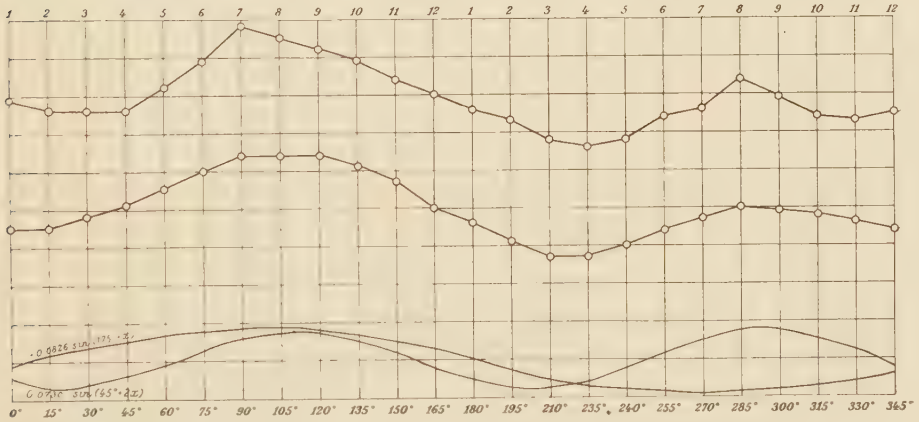

Fig. 6. Der tägliche Gang des Luftdrucks harmonisch analysiert.

[1]) Ich bemerke noch, dass ich bei der Berechnung von $A_1, A_2 \ldots$ stets den kleineren Winkel genommen habe entgegen dem sonst scheinbar üblichen Verfahren, bei

Die obere Kurve gibt den wahren Gang an, die zweite den aus den beiden unteren Sinuslinien gewonnenen Verlauf. Bei den Sinuslinien konnte der Wert von a_0 nicht berücksichtigt werden, auch nicht durch Verschiebung des Koordinatensystems. Durch die Superposition kann man also zwar den Gang, nicht aber den wahren Wert der Funktion finden, was ja auch hier unwesentlich ist. Dazu müsste man überall erst a_0 addieren. (Dasselbe gilt auch für die später folgende harmonische Analyse des Ganges der Temperatur.) Man erkennt zwar die Parallelität der beiden oberen Kurven, sieht aber auch, wie die harmonische Analyse hier die Extreme verflacht hat (vergl. z. B. u_8).

Temperatur.

Der jährliche Gang der Temperatur. Für den jährlichen Gang der Temperatur wurde ebenso wie für den Luftdruck eine Zusammenstellung der Monatsmittel nach Registrierung und Terminbeobachtungen gemacht. Die täglichen Mittel aus den 3 Terminablesungen sind dabei nach der Formel gebildet:

$$t_m = \frac{2 \cdot 8a + 2 \cdot 2p + 5 \cdot 9p}{9}.$$

Vergleich der Registrierung und der Terminablesungen.

	1. Jahr			2. Jahr		
	Registr.	Termin.	Diff.	Registr.	Termin.	Diff.
August	+ 1.8°	+ 2.1°	−0.3°	+ 2.3°	+ 2.3°	0.0°
September .	— 3.7	— 3.7	0.0	— 4.3	— 4.4	+0.1
Oktober ...	−14.2	−14.5	+0.3	−14.3	−14.6	+0.3
November..	−21.1	−21.0	−0.1	−19.9	−19.7	−0.2
Dezember..	−25.2	−24.6	−0.6	−17.1	−17.2	+0.1
Januar.....	−23.0	−23.0	0.0	−21.6	−20.8	−0.8
Februar ...	−25.7	−26.0	+0.3	−29.5	−28.9	−0.6
März	−23.8	−23.7	−0.1	−21.2	−21.1	−0.1
April	−19.7	−19.4	−0.3	−19.7	−19.6	−0.1
Mai	— 8.8	— 8.2	−0.6	— 6.7	— 6.4	−0.3
Juni.....	+ 0.9	+ 1.1	−0.2	+ 0.7	+ 1.1	−0.4
Juli	+ 3.4	+ 3.3	+0.1	+ 5.1	+ 5.4	+0.3
Jahr	−13.3°	−13.1°	−02°	−12.2°	−12.0°	−0.2.°
Mittel	−12.8°	−12.6°	−0.2°			

dem die Vorzeichen von p und q den Ausschlag geben. Dass das sicherlich keinen Unterschied ausmacht, folgt aus den Formeln $\operatorname{tg} A = \frac{p}{q}$; $a = \frac{p}{\sin A}$. Ist z. B. $p < 0$, $q > 0$, so kann A im 2. oder 4. Quadranten liegen. Nehme ich den 4. Quadranten, so ist a also < 0; wählt man den 4. Quadranten, so wird $a > 0$. Der Ausdruck $a \sin (A + x)$ hat aber in beiden Fällen abgesehen von demselben absoluten Wert dasselbe Vorzeichen, da $A + x$ im 2. Falle um 180° grösser ist als im 1. Fall, also der $\sin (A + x)$ im 2. Fall auch Vorzeichen umkehrt. Deswegen nehme ich den kleineren Winkel, weil man mit ihm bequemer rechnet.

Die Differenz —0.2° (genauer —0.15°) kann man wohl als eine gute Übereinstimmung bezeichnen. Die grossen Abweichungen —0.8°, —0.6° finden eine verständliche Erklärung. Im Dezember 1906 fehlen in der Registrierung 2 Tage, ebenso im Februar 1908, im Januar 1908 gar 5 Tage, was natürlich nicht ohne Einfluss bleiben kann. Sieht man von diesen grossen zufälligen Abweichungen ab, so erhält man als mittlere Differenz nur —0.06°. Nicht zurückgeführt werden kann auf einen solchen äusserlichen Grund die grosse Differenz von —0.6° im Mai. Vergleicht man aber einmal die Differenzen im Frühjahr und im Herbst, so sieht man, dass sie im Frühjahr in beiden Beobachtungsjahren —, im September und Oktober dagegen + sind. Dies ist vielleicht kein Zufall. Denn durch die starke Betonung des 9^h p-Termins in der Formel $t_m = \frac{2 \times 8^a + 2 \times 2^p + 5 \times 9^p}{9}$ muss in dem Monat, in dem die Temperatur sehr steigt — und das ist hier der Mai — ein zu hoher Wert, und in den Monaten, wo sie stark fällt — also im September und Oktober — ein zu tiefer herauskommen. Jedenfalls zeigt die Tabelle, dass die oben angeführte Formel sehr brauchbare Mittelwerte für die Monate liefert, zumal auch in den Frühjahrsmonaten noch gute Übereinstimmung vorhanden ist, wenn natürlich auch die einzelnen Tagesmittel oft grosse Differenzen gegen die aus der Registrierung gewonnenen zeigen.

Die Jahresamplitude der Monatsmittel ist im 1. Jahre 29.1°, im 2. 34.6°. Diese grossen Amplituden weisen wieder auf das trotz der Küstenlage kontinentale Klima der Station hin. Die Mittelwerte der beiden einzelnen Jahre sind —13.3° und —12.2°. Von den 24 Monaten blieben 14 unter dem Jahresmittel, 10 überschritten dasselbe. Es ergibt sich also das Verhältnis 7 : 5.

Vereinigt man die beiden Beobachtungsjahre zu einem Idealjahr, so erhält man als Mitteltemperatur —12.7°. Als Mittelwerte der Jahreszeiten ergeben sich:

Frühjahr (März—Mai)	—16.7°
Sommer (Juni—August)	+ 2.3°
Herbst (Sept.—Nov.)	—12.9°
Winter (Dez.—Febr.)	—23.7°

Der Mitteltemperatur —12.7° kommt also am nächsten der Herbst. Er hat mit —12.9° eine relativ hohe Temperatur, eine bedeutend höhere als der Frühling. Es ist das wohl demselben Umstand zuzuschreiben, der auch die tägliche Amplitude im Herbst beeinflusst, den nachher zu erwähnenden Anfang Herbst auftretenden Gefrierprozessen, bei denen eine beträchtliche Wärmemenge frei wird. Die Temperatur des Sommers steigt schneller an als sie fällt. Die höchste

Mitteltemperatur hat der Juli mit +4.2°, die niedrigste von —28.6° fällt in den Februar.

Die höchste beobachtete Temperatur war im 1. Jahre +11.9° am 17. Juli 1907, die niedrigste —39.1° am 11. März 1907, was eine Amplitude von 51.0° ergibt. Im 2. Jahre wurde als höchste Temperatur +14.1° am 7. Juli 1908 gemessen, als niedrigste —38,1° am 21. Febr. 1908, so dass die Amplitude hier 52.2° beträgt. Der Unterschied zwischen der absolut höchsten und tiefsten Temperatur ist demnach 53,2°.

Die Monatsmittel schwanken in den beiden Beobachtungsjahren. Am stärksten sind die Schwankungen im Winter.

Monatsmittel in beiden Jahren.

	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Jahr
1. Jahr	+1.8	—3.7	—14.2	—21.1	—25.2	—23.0	—25.7	—23.8	—19.7	—8.8	+0.9	+3.4	—13.3
2. Jahr	+2.3	—4.3	—14.3	—19.9	—17.1	—21.6	—29.5	—21.2	—19.7	—6.7	+0.7	+5.1	—12.2

Eine graphische Darstellung des jährlichen Ganges der Temperatur findet sich in den Terminbeobachtungen und in Fig. 7.

Es sei hier noch der Gang in Sinusschwingungen zerlegt berechnet. Die Berechnung erfolgte wieder nach den Besselschen Formeln. Hier ist $n = 12$; $x = 30°$.

u_0 (August)	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
+2.0	—4.0	—14.2	—20.5	—21.1	—22.3	—27.6	—22.6	—19.7	—7.7	+0.8	+4.2

$p_0 = -12.725$

$p_1 = (2.0 - 4.0 \cos 30 - 14.2 \cos 60 - 20.5 \cos 90 - \ldots + 4.2 \cos 330°) : 6$

$p_1 = +13.726.$

$q_1 = (u_1 \sin 30 + u_2 \sin 60 + \ldots + u_{11} \sin 330) : 6$

$q_1 = -5.159.$

$A_1 = 110° 35' 58'' = 110.6°; \quad a_1 = +14.66.$

$p_2 = (u_0 + u_1 \cos 60 + \ldots) : 6$

$p_2 = +1.225;$

$q_2 = (u_1 \sin 60 + \ldots) : 6$

$q_2 = -3.1898.$

$A_2 = 158° 59' 28'' = 159°; \quad a_2 = +3.42.$

Ebenso ergibt sich

$p_3 = +0.366; \quad q_3 = +0.8166.$

$A_3 = 24° 10' 47'' = 24.2°; \quad a_3 = 0.8951 \ (0.90).$

$p_4 = -0.725; \quad q_4 = +0.7361.$

$A_4 = 135° 26' 8'' = 135.5°; \quad a_4 = -1.033 \ (-1.03).$

Also ist

$$T = -12.73 + 14.66 \sin (110.6° + x) + 3.42 \sin (159° + 2x) + 0.90 \sin (24.2° + 3x) - 1.03 \sin (135.5° + 4x).$$

Die folgende Tabelle gibt wieder eine Zusammenstellung der nach dieser Gleichung berechneten und der beobachteten Werte.

Vergleich der beobachteten und der berechneten Monatsmittel.

	u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
Beobachtet:	+2.0	—4.0	—14.2	—20.5	—21.1	—23.3	—27.6	—22.6
Berechnet:	+1.867	—3.741	—14.347	—20.651	—20.550	—23.275	—26.317	—23.989
Diff.:	—0.1	+0.3	—0.1	—0.1	+0.5	0.0	+1.3	—1.4

	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
Beobachtet:	—19.7	—7.7	+0.8	+4.2
Berechnet:	—18.403	—8.7	+1.380	+4.025
Diff.:	+1.3	—1.0	+0.6	—0.2

Beschränkt man sich auf 3 Glieder der Formel, so erhält man folgende Werte:

	u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7
Beobachtet:	+2.0	—4.0	—14.2	—20.5	—21.1	—23.3	—27.6	—22.6
Berechnet:	+2.2	—5.57	—13.72	—19.07	—21.9	—23.81	—25.2	—24.19
Diff.:	+0.2	—1.6	+0.5	+1.4	—0.8	—0.5	+1.4	—1.6

	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
Beobachtet:	—19.7	—7.7	+0.8	+4.2
Berechnet:	—18.50	—8.85	+0.75	+5.11
Diff.:	+1.2	—1.2	0.0	+0.9

Man sieht, dass selbst bei Anwendung von 5 Gliedern noch grosse Differenzen vorkommen (u_6 bis u_9!).

Die Differenz des jährlichen Ganges, wie er sich durch harmonische Analyse ergibt, gegen den wirklichen Gang erkennt man deutlich aus Fig. 7. Die oberste Kurve gibt den wirklichen Gang, die zweite den durch Superposition der Sinuslinien erhaltenen.

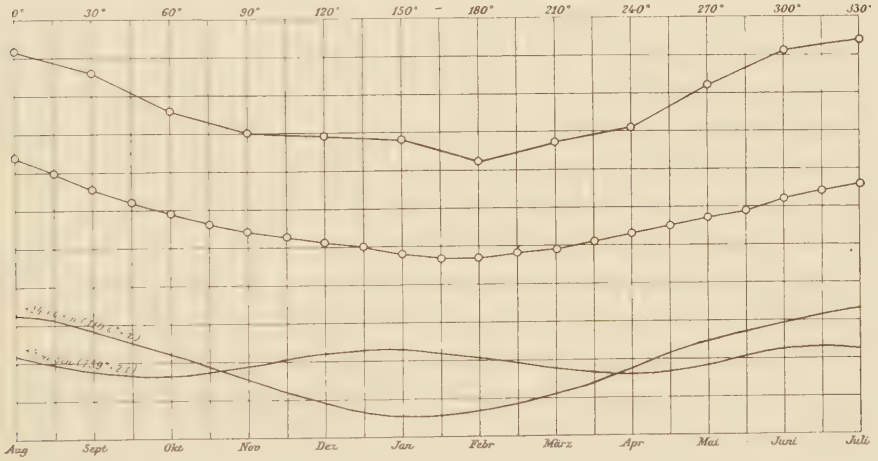

Fig. 7. Der jährliche Gang der Temperatur harmonisch analysiert.

Doch ist deutlich die Parallelität der beiden Kurven zu erkennen. Das schroffe Minimum im Februar kommt hier natürlich auch nicht so zum Ausdruck. Bei Hinzufügung von 2 weiteren Sinuslinien

würde, wie aus der obigen Zusammenstellung hervorgeht, die Übereinstimmung besser werden.

Täglicher Gang der Temperatur. Der tägliche Gang der Temperatur in den einzelnen Monaten, Jahreszeiten und im ganzen Jahre, wie er aus den stündlichen Mitteln je zweier August-, September- u. s. w. Monate berechnet ist, ist in den Figuren 8 und 9 graphisch dargestellt.

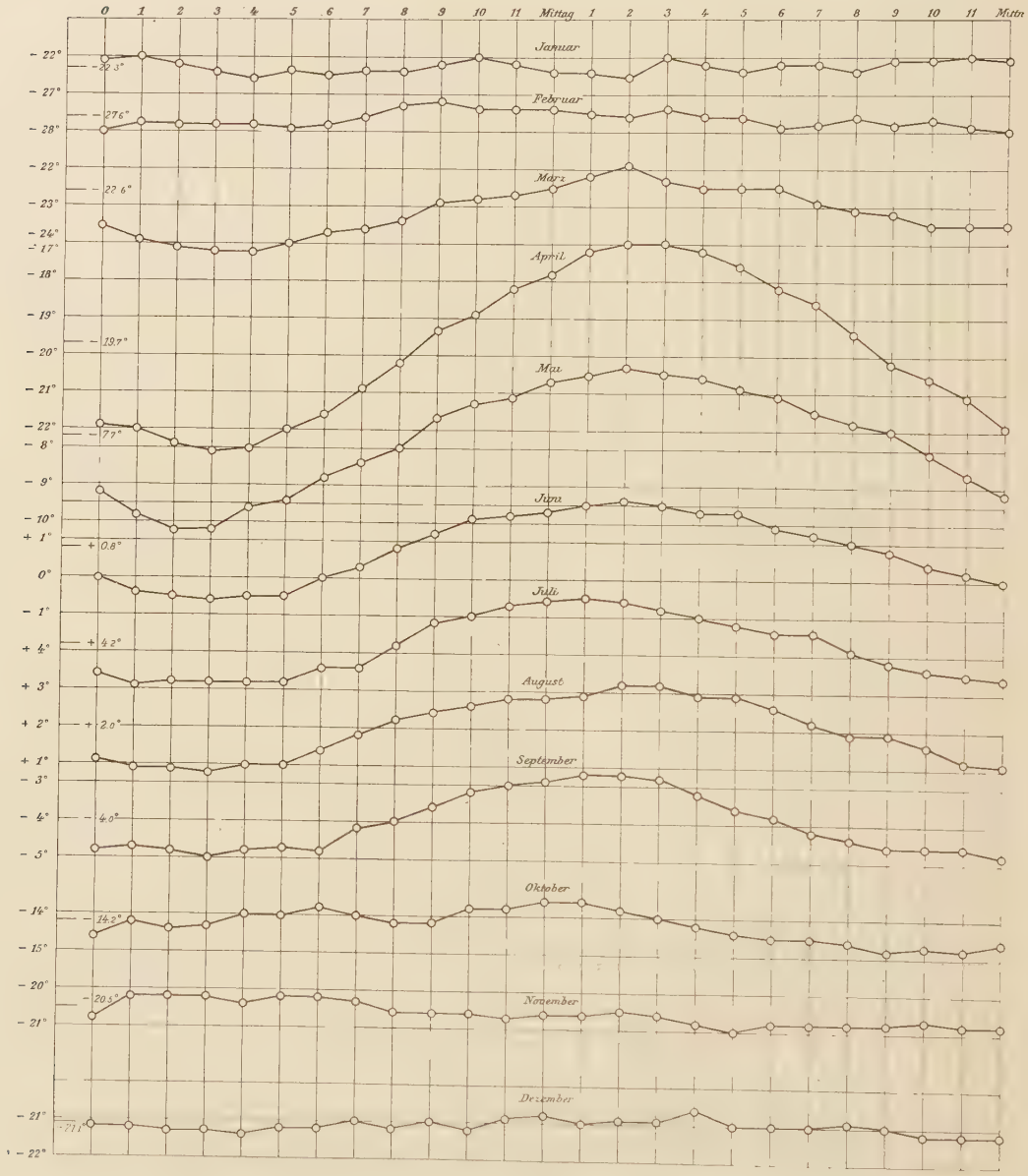

Fig. 8. Täglicher Gang der Temperatur in den einzelnen Monaten.

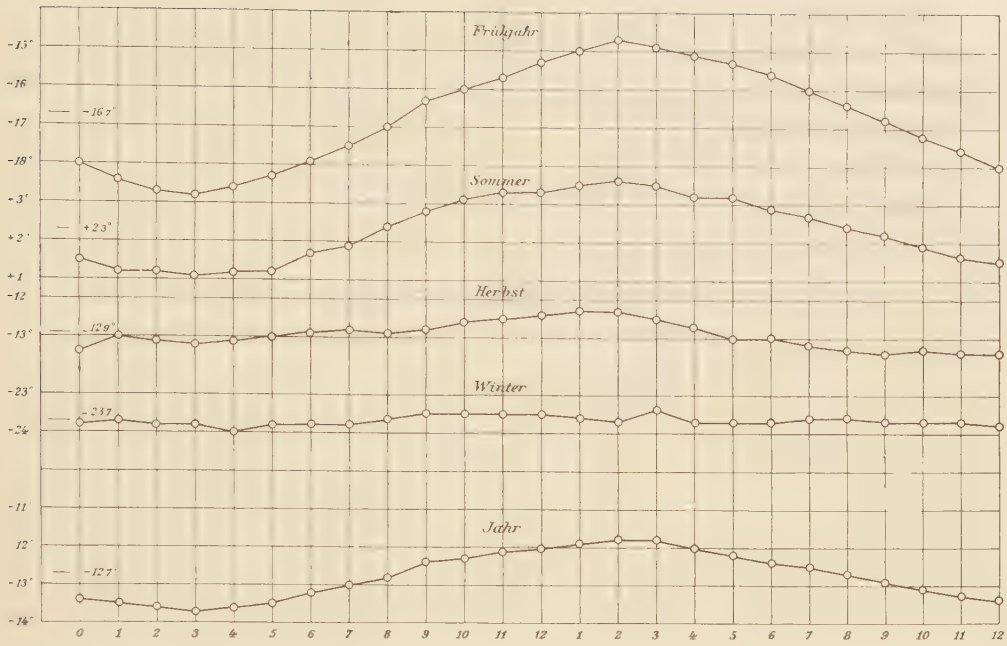

Fig. 9. Täglicher Gang der Temperatur in den Jahreszeiten und im Jahr.

Wenn man zunächt nur die Kurve des täglichen Ganges der Temperatur für das ganze Jahr betrachtet, so sieht man, dass die höchste Temperatur um 2^h nachmittags eintritt, die niedrigste um 3^h früh. Das Jahresmittel treffen wir abends um 8^h an, vormittags zwischen 8^h und 9^h. Das Maximum um 2^h findet sich auch in den meisten Monaten wieder. In den drei Wintermonaten ist dagegen von einem ausgesprochenen Maximum nichts zu erkennen, wenngleich in allen eine kleine Steigerung zwischen 2^h und 4^h nachmittags vorhanden ist. Ebenso tritt in allen ausser wieder den Wintermonaten das Minimum gegen 3^h morgens ein. Es zeigen also alle Monatskurven ausser denen der Wintermonate morgens ein Fallen bis gegen 3 Uhr, um dann langsam gegen 2^h nachmittags anzusteigen und dann wieder etwa in demselben Masse zu fallen.

Während der Wintermonate ist von einem regelmässigen Wärmegange nichts zu erkennen (siehe Fig. 9). So fällt z. B. das Maximum der Temperatur im November auf 3^h morgens, das Minimum anf 5^h nachmittags. Einen ganz unregelmässigen Verlauf hat der Januar. Dies Fehlen einer periodischen Änderung hat seinen Grund in der Polarnacht. Die Sonne verschwindet für Danmarks-Havn definitiv am 1. November, wo sie mittags nur den Horizont im Süden berührt. Die erste Sichtbarkeit fällt auf die Mitte des Februar, wo sie mittags zum ersten Male wieder im Horizont erscheint.

Wesentlich verschieden ist in den einzelnen Monaten und folglich auch in den Jahreszeiten die Amplitude der täglichen Temperaturperiode, deren Mittelwert für das ganze Jahr 2.0° beträgt, ein Wert, der entsprechend der hohen geographischen Breite sehr klein ist.

Vom Winter zum Sommer nimmt die Amplitude beträchtlich zu; ihr Maximum erreicht sie im April (siehe Fig. 9 und 10). Aus dem Verlauf der Kurve, die im Frühjahr steil ansteigt, im Herbst nur langsam abfällt, ersieht man, dass ein zweites Maximum im Herbst liegt, dem ein Minimum im Juli vorangeht. Aus der Tabelle der Amplituden ist dies Maximum weniger leicht zu erkennen. Höchstens könnte da der Stillstand der Werte auffallen. Geht man aber zurück auf den einen Juli 1907, für den vollständige Beobachtungen vorliegen (Juli 1908 nur 3 Wochen), so erkennt man da deutlich das Minimum. Es ist auf den ersten Blick eigentümlich, dass in den Monat des höchsten Sonnenstandes ein Minimum der täglichen Wärmeschwankung fällt. Man könnte vielleicht annehmen, dass dies eine Folge der um diese Jahreszeit im Eismeer besonders häufigen Nebel sei. Sicherlich haben diese einen Einfluss gehabt, den man aber wohl nicht als ausreichend zur Erklärung ansehen kann. Denn das Wetterjournal verzeichnet eine ganze Reihe von klaren Tagen. Einen weit grösseren Einfluss haben wohl die Schmelz- und Gefrierprozesse. Während derjenigen Monate nämlich, in denen Temperaturmaxima über Null und Temperaturminima unter Null vorkommen, wird die Tagesschwankung der Wärme stark gedämpft durch die Schmelzprozesse am Tage infolge Bindung von Wärme und die Gefrierprozesse bei Nacht infolge Freiwerdens von Wärme. Ein solcher Monat war der Juli. Dazu zeigte die Umgebung der Station eine solche Eisbedeckung sowohl nach der See als auch nach dem Lande hin, dass sie praktisch als von allen Seiten mit Eis umgeben angesehen werden konnte. Diese Eismassen blieben bis zum Juli fest. Erst dann fing das Eis unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung an zu schmelzen. Die dazu erforderliche bedeutende Wärmemenge wurde aber zu einem grossen Teile den unteren Luftschichten entzogen, wenn deren Temperatur über Null war, so dass deren Erwärmung bei Tage merklich verringert wurde. Andrerseits wurde die nächtliche Ausstrahlung

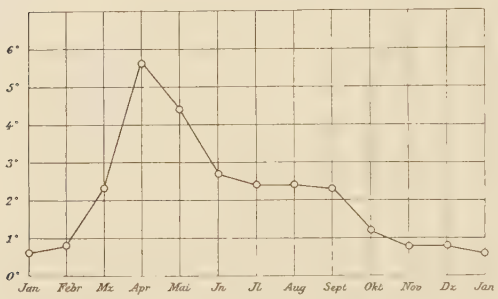

Fig. 10. Die Amplitude der täglichen Temperaturperiode.

durch das Freiwerden von Wärme beim Wiedergefrieren ausgeglichen. Damit stimmt auch überein, was durch die von A. Wegener ausgeführten Drachenaufstiege festgestellt wurde[1]), dass im Juli eine starke Temperaturumkehr in der untersten Luftschicht vorhanden ist, sogar die stärkste im ganzen Jahre. Im August, wo die Schmelzvorgänge bereits nachlassen, nimmt auch die Amplitude des täglichen Temperaturganges wieder zu. Dies trifft auch noch für die erste Hälfte des September zu, während allerdings die Amplitude im Mittel des ganzen Monats bereits wieder durch den beginnenden Winter herabgedrückt wird. Das also zunächst zu erwartende herbstliche Maximum der Tagesperiode, welches eintreten müsste, sobald die Temperatur so weit gesunken ist, dass die Dämpfung durch die Schmelz- und Gefrierprozesse aufhört, kommt aber nicht zur vollen Ausbildung, weil um diese Jahreszeit der Sonnenstand schon zu tief ist, die Tagesperiode also aus astronomischen Gründen bereits zu stark verringert ist.

Dass den Schmelz- und Gefrierprozessen in der Tat eine so entscheidende Rolle zufällt, geht u. a. auch aus den Beobachtungen über Luftspiegelungen hervor (vergl. das Wetterjournal in den „Terminbeobachtungen"). So wurde im Herbst über dem dünnen Neueise häufig die Spiegelung nach unten gesehen, für welche eine Überhitzung der untersten Luftschicht nötig ist. Die dazu erforderliche Wärmemenge stammt von der beim Erstarren des Neueises frei werdenden Wärme. Eine weitere Folge dieser Wärmeabgabe an die unterste Luftschicht ist auch, dass die Temperatur-Inversion, die im Juli ihren grössten Wert hatte, im Herbst volständig verschwindet.

Auch die Amplitude der aperiodischen täglichen Schwankung, deren Wert natürlich grösser ist als der der täglichen Temperaturperiode, zeigt ein Maximum und zwar auch das absolute im April. Von einem regelmässigen Verlauf derselben kann man wohl kaum sprechen. Ihr Mittelwert ist 5.8°; der Mittelwert der Amplitude der täglichen Temperaturperiode war 2.0°. Den grössten Wert von 6.7° erreicht sie im Frühjahr, den kleinsten im Herbst. Im Winter, wo der Mittelwert 6.0° beträgt, sind die Schwankungen grösser als im Sommer (Mittelwert (5.3°).

Die grösste Schwankung im Laufe eines Tages trat ein im 1. Jahre mit 19.1° am 12. März 1907, die kleinste von 1.5° am 6. Juni desselben Jahres. Im 2. Jahre wurde als grösste Schwankung 18,1° am 24. April 1908 berechnet, als kleinste 1.1° am 26. Mai.

---

[1]) A. Wegener, Drachen- und Fesselballonaufstiege, Danm. Exp. II; Nr. 1.

Harmonische Analyse des täglichen Ganges der Temperatur.

Hier ist:

u_0	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
—13·4	—13.5	—13.6	—13.7	—13.6	—13.5	—13.2	—13.0	—12.8	—12.4	—12.3	—12.1

u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}	u_{18}	u_{19}	u_{20}	u_{21}	u_{22}	u_{23}
—12.0	—11.9	—11.8	—11.8	—12.0	—12.2	—12.4	—12.5	—12.7	—12.9	—13.1	—13.3

$$n = 24; \quad x = 15°.$$
$$a_0 = p_0 = -12.74°.$$
$$p_1 = (u_0 + u_1 \cos 15 + \ldots) : 12 = -0.71.$$
$$q_1 = (u \sin 15 + \ldots) : 12 = -0.466.$$
$$A_1 = 57°; \quad a_1 = -0.85.$$
$$p_2 = +0.058; \quad q_2 = -0.032; \quad A_2 = 119°; \quad a_2 = +0.066.$$
$$T = -12.74 - 0.85 \sin (57° + x) + 0.066 \sin (119° + 2x).$$

Vergleich der beobachteten und der berechneten Temperaturen.

	u_0	u_1	u_2	u_3	u_6	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}
Beobachtet:	—13.4	—13.5	—13.6	—13.7	—13.2	—12.0	—11.9	—11.8	—11.8
Berechnet:	—13.40	—13.51	—13.59	—13.6	—13.26	—11.97	—11.90	—11.89	—11.9
Diff.:	0.0	0.0	0.0	+0.1	—0.1	0.0	0.0	—0.1	—0.1

	u_{18}	u_{20}
Beobachtet:	—12.4	—12.7
Bereehnet:	—12.34	—12.707
Diff::	+0.1	0.0

Zwar sind nicht alle Werte untersucht, sondern nur beliebige herausgegriffen. Trotzdem kann man von einer ausserordentlich guten Übereinstimmung sprechen. Sehr deutlich erkennt man diese Übereinstimmung auch aus der Fig. 11, wo wieder die obere Kurve den wahren Gang angibt, die 2. den durch Superposition aus den beiden Sinuslinien erhaltenen.

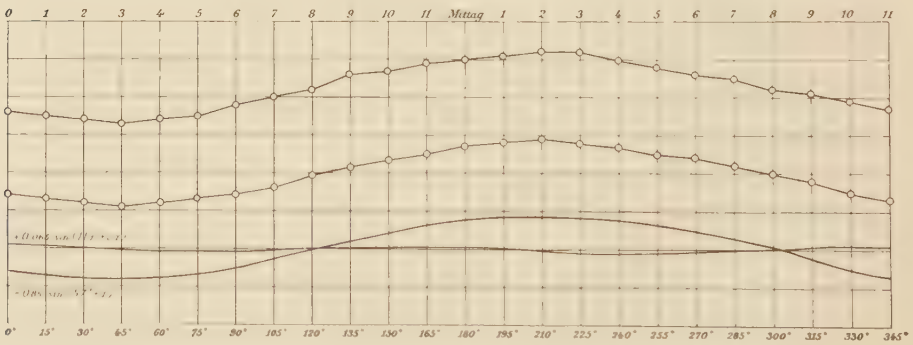

Fig. 11. Täglicher Gang der Temperatur harmonisch analysiert.

Häufigkeit des Eintritts der Extremtemperaturen. Um die prozentuale Häufigkeit des Eintritts der Extremtemperaturen festzustellen, wurden die Stunden in Gruppen zu je dreien zusammengefasst. (Siehe die Tabellen und die graph. Darstellung in Fig. 12.)

Häufigkeit des Eintritts der Extremtemperaturen.

1. Jahr.

		0a-3a	4a-6a	7a-9a	10a -Mitt.	1p-3p	4p-6p	7p-9p	10p -Mittn.	Summe
August 1906	Max.	2	0	4	2	2	3	0	0	13
	Min.	4	1	1	0	0	1	0	6	13
September	Max.	1	1	2	6	10	7	1	2	30
	Min.	8	4	2	0	0	1	3	12	30
Oktober	Max.	3	6	1	3	7	5	2	4	31
	Min.	9	2	2	1	0	4	1	12	31
November	Max.	8	2	3	2	4	2	0	7	28
	Min.	6	3	1	3	1	2	4	8	28
Dezember	Max.	4	5	1	2	4	3	5	5	29
	Min.	6	5	3	2	0	3	5	7	29
Januar 1907	Max.	8	1	6	1	2	6	1	6	31
	Min.	8	3	3	0	2	5	2	8	31
Februar	Max.	10	1	0	3	1	2	2	6	25
	Min.	7	3	1	0	2	0	4	8	25
März	Max.	5	0	1	5	7	4	2	5	29
	Min.	8	4	2	3	0	0	0	10	27
April	Max.	1	0	1	2	18	6	1	0	29
	Min.	14	7	0	0	0	0	1	8	30
Mai	Max.	1	0	2	7	14	4	2	1	31
	Min.	18	5	0	0	0	0	0	8	31
Juni	Max.	1	1	1	10	10	5	1	1	30
	Min.	14	4	0	0	0	0	0	12	30
Juli	Max.	4	1	0	6	8	4	4	4	31
	Min.	6	6	2	0	0	0	0	17	31

2. Jahr.

August 1907	Max.	2	2	1	2	9	7	4	4	31
	Min.	10	5	2	0	0	0	1	13	31
September	Max.	1	2	0	5	12	5	0	5	30
	Min.	7	7	2	0	0	2	2	10	30
Oktober	Max.	7	2	2	6	4	3	3	4	31
	Min.	7	6	3	1	1	3	2	8	31
November	Max.	6	3	1	2	4	1	1	7	25
	Min.	2	2	3	4	2	2	3	7	25
Dezember	Max.	6	3	4	3	2	1	6	6	31
	Min.	8	1	3	6	1	1	4	7	31
Januar 1908	Max.	8	3	1	4	0	1	2	6	25
	Min.	5	2	3	0	3	1	4	7	25
Februar	Max.	5	3	5	3	1	1	1	6	25
	Min.	7	1	1	4	2	3	1	6	25
März	Max.	5	3	2	3	7	3	4	4	31
	Min.	9	8	0	2	0	0	3	9	31
April	Max.	1	0	1	4	14	8	1	1	30
	Min.	10	8	1	1	0	0	0	10	30
Mai	Max.	1	1	3	4	11	5	3	3	31
	Min.	18	1	1	0	0	0	0	11	31
Juni	Max.	2	1	2	10	11	2	1	1	30
	Min.	10	7	0	0	0	1	2	10	30
Juli	Max.	1	0	2	5	5	1	4	2	20
	Min.	9	1	1	0	0	0	0	9	20

Prozentuale Häufigkeit des Eintritts der Extremtemperaturen.

		0a-3a	4a-6a	7a-9a	10a-Mittg.	1p-3p	4p-6p	7p-9p	10p-Mittn.
Januar	Max.	28	7	12	9	3	12	5	21
	Min.	22	9	11	0	9	11	11	27
Februar	Max.	30	8	10	12	4	6	6	24
	Min.	28	8	4	8	8	6	10	28
März	Max.	17	5	5	13	23	12	10	15
	Min.	29	20	3	9	0	0	6	33
April	Max.	3	0	3	10	55	24	3	2
	Min.	40	25	2	1	0	0	2	30
Mai	Max.	3	2	8	18	40	14	9	6
	Min.	58	9	2	0	0	0	0	31
Juni	Max.	5	3	6	33	35	12	3	3
	Min.	40	18	0	0	0	2	3	37
Juli	Max.	10	2	4	21	26	10	16	11
	Min.	30	13	6	0	0	0	0	51
August	Max.	9	4	12	9	25	23	9	9
	Min.	32	14	7	0	0	2	2	43
September	Max.	3	5	4	18	36	20	2	12
	Min.	25	18	7	0	0	5	8	37
Oktober	Max.	16	13	5	14	18	13	8	13
	Min.	26	13	8	3	2	11	5	32
November	Max.	26	10	7	8	15	6	2	26
	Min.	15	10	7	13	6	7	13	29
Dezember	Max.	17	13	8	8	10	7	11	12
	Min.	23	10	10	13	2	7	12	23
Frühjahr	Max.	7	2	6	14	40	17	7	7
	Min.	43	18	2	4	0	0	2	31
Sommer	Max.	8	3	7	23	29	14	9	7
	Min.	34	17	4	0	0	0	2	43
Herbst	Max.	15	9	5	14	24	13	4	16
	Min.	22	14	8	5	2	8	9	32
Winter	Max.	25	10	10	10	6	8	10	21
	Min.	25	9	8	7	6	8	11	26
Jahr	Max.	14	6	7	15	25	13	7	12
	Min.	31	15	6	4	2	4	4	34

Namentlich die Kurven geben ein anschauliches Bild von der Verteilung der Häufigkeit auf die einzelnen Tagesstunden in den verschiedenen Jahreszeiten und im ganzen Jahre. Man sieht, wie die im Frühjahr sehr steile Kurve mit ihrem Scheitel um 1^hp—3^hp sich im Laufe des Jahres immer mehr verflacht, bis sie im Winter einen direkt entgegengesetzten Verlauf nimmt mit einem tiefsten Wert um 1^hp—3^hp. Während sich also im Frühjahr ein grosser Prozentsatz (40 %) der Maxima auf eine kurze Zeit zusammendrängt, verteilen sie sich im Laufe des Jahres immer mehr auch auf andere Stunden, bis sie schliesslich im Winter fast gleichmässig auf alle Stunden verteilt sind, so dass hier die Periode völlig aufhört. Die Kurven der Minima verflachen sich ebenfalls vom Frühjahr nach dem Winter hin. Doch ist im Gegensatz zur Winterkurve des Maximums die des Minimums ebenso gebaut wie die der übrigen

Jahreszeiten. Das Minimum der Häufigkeit liegt bei allen Kurven um 1p—3p, also da, wo das Maximum der Häufigkeit der höchsten Temperatur eintritt. Die meisten Werte drängen sich um die Mitternachts-und frühesten Morgenstunden zusammen. Aber auch hier nimmt mit fortschreitender Jahreszeit die Verteilung auf andere Tagesstunden zu. Im Winter haben die beiden Kurven für Maximum und Minimum beinahe parallelen Verlauf, ein weiteres Zeichen, dass hier jede periodische Temperaturänderung aufhört. Sämtliche Kurven zeigen ausserdem um Mitternacht ein 2. Maximum, bezw. einen Abfall von dort nach den Morgenstunden.

Diese Ergebnisse lassen sich von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus betrachten, wenn man bedenkt, dass in den Kurven zwei Erscheinungen superponiert sind: a) unperiodische Änderungen, welche länger als einen Tag dauern. So muss z. B. bei sinkender Temperatur das Maximum auf den Tagesanfang, das Minimum auf das Tagesende fallen. Daher müssen beide Kurven Maxima zur Mitternachtszeit haben, wie das rein in den Winterkurven wegen des Fehlens periodischer Anderungen zum Ausdruck kommt. Die andere Erscheinung ist b) die Tagesschwankung, die sich über a) lagert. Hierbei verhalten sich aber Maximum und Minimum verschieden. Das Minimum fällt ja auch nahe auf Mitternacht, wirkt also im gleichen Sinne wie a) und verstärkt den Gang der Minimumskurve. Die Maxima dagegen erzeugen die nach oben gerichtete Nase um Mittag, die im Frühjahr am stärksten ist und im Winter verschwindet.

Fig. 12. Häufigkeit des Eintritts der Extremtemperaturen.

Eis- und Frosttage. Die Feststellung der Zahl der Eistage (Max. < 0), Frosttage $\left(\begin{smallmatrix}\text{Min.} \leq 0\\ \text{Max.} > 0\end{smallmatrix}\right)$ und der frostfreien Tage (Min. > 0) führt zu der untenstehenden Tabelle, deren letzte Kolumne die prozentuale Häufigkeit der betr. Tage, d. h. die Wahrscheinlichkeit eines Eistages etc. gibt. Nur ein Monat, der Juli, ist demnach frei von Eistagen. In 7 Monaten sind alle Tage Eistage. Frosttage treten auf in den Monaten Mai—September; selbst im Juli mit der Mitteltemperatur + 4.2° sind $\frac{2}{5}$ aller Tage Frosttage. Frostfreie Tage finden wir in den Monaten Juni—September, im September allerdings nur 5 %.

Anzahl der Eis-, Frost- und frostfreien Tage.

	1. Jahr				2. Jahr				Prozentuale Häuf.		
	Eis-tage	Frost-tage	Frost-freie Tage	Summe	Eis-tage	Frost-tage	Frost-freie Tage	Summe	Eis-tage	Frost-tage	Frost-freie Tage
Januar	31	—	—	31	31	—	—	31	100	—	—
Februar ...	28	—	—	28	29	—	—	29	100	—	—
März	31	—	—	31	31	—	—	31	100	—	—
April	30	—	—	30	30	—	—	30	100	—	—
Mai	30	1	—	31	28	3	—	31	94	6	—
Juni	3	24	3	30	4	17	9	30	14	62	24
Juli	—	12	19	31	—	8	12	20	—	39	61
August	—	8	5	13	1	16	14	31	2	55	43
September .	20	7	3	30	23	7	—	30	72	23	5
Oktober ...	31	—	—	31	31	—	—	31	100	—	—
November .	30	—	—	30	30	—	—	30	100	—	—
December ..	31	—	—	31	31	—	—	31	100	—	—
	265	52	30	347	269	51	35	355	76	14	10

Nimmt man an, dass die fehlenden Hälften der Monate Juli 1908 und August 1906 sich verhalten wie die registrierten, so erhält man als Ergebnis für

	Eistage	Frosttage	Frostfreie Tage	Summe
August 06.....	—	19	12	31
Juli 08.....	—	12	19	31

Das Gesamtergebnis würde sich darnach stellen:

	Eistage	Frosttage	Frostfreie Tage	Summe
1. Jahr ...	265	62	37	365
2. Jahr ...	269	55	42	366 (Febr. 29 Tage).

In Prozenten:

1. Jahr ...	73 %	17 %	10 %
2. Jahr ...	73 %	15 %	12 %

im Mittel also

73 %	16 %	11 %

Interdiurne Veränderlichkeit. Es erschien von Interesse, auch die interdiurne Veränderlichkeit der Lufttemperatur und im Zusammenhang damit die Häufigkeit der Erwärmungen und Erkaltungen festzustellen. Dazu wurde aus den Mitteltemperaturen je zweier aufeinanderfolgenden Tage die Differenz gebildet und aus diesen Differenzen zunächst ohne Rücksicht auf das Vorzeichen die mittlere interdiurne Veränderlichkeit. Die Hinzufügung der Vorzeichen gestattete dann, das Verhältnis der Zahl der Erwärmungen zu der Zahl der Abkühlungen zu bestimmen. Als Mittel eines Idealjahres erhält man dann folgende Werte: (Vergl. auch die graphische Darstellung in Fig. 13.)

Interdiurne Veränderlichkeit.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Interd. Veränderlichkeit	3.2°	2.8	3.8	2.1	1.4	1.4*	1.9	1.5	2.2
Verhältnis der Zahl der Erwärm. zu der der Erkaltungen	0.78	0.58	1.7	1.00	1.50	1.00	0.88	0.86	0.90

Okt.	Nov.	Dez.	Frühj.	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
2.2	2.0	3.2	2.4	1.6	1.9	3.1	2.2
0.65	0.87	1.04	1.17	0.92	0.79	0.79	0.91

In der interdiurnen Änderung der Temperatur steckt auch die normale periodische Anderung der Temperatur im Laufe des Jahres. Die vorstehende Tabelle zeigt, dass dieser Einfluss sehr markant ist. Das Überwiegen der Erwärmungen im Frühjahr, Gleichgewicht im Sommer und Überwiegen von Erkaltungen im Herbst sind offenbar darauf zurückzuführen. Auffällig ist allerdings, dass im Winter die Erkaltungen nicht an Zahl gleich, sondern häufiger sind als die Erwärmungen. Daraus folgt, dass diese letzteren schneller vor sich gehen müssen. In der Tat geben die Registrierkurven im Prinzip immer dasselbe Bild, nämlich steilen Anstieg und langsames Abfallen.

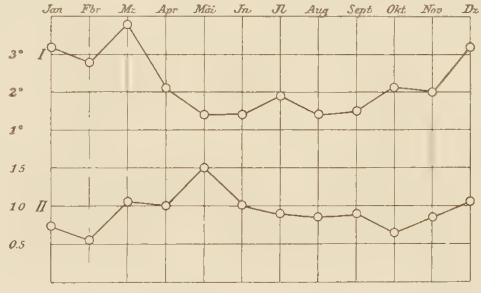

Fig. 13.
Interdiurne Veränderlichkeit (I) und Anzahl der Erwärmungen zur Anzahl der Erkaltungen (II).

Änderungen der Tagesmittel über 8° kamen vierzehnmal vor, darunter dreimal in einem Monat Dezember 07, desgl. im März 08. Die grösste Änderung zweier Tagesmittel betrug —15,2° im Dezember 1907. Die grösste Erwärmung innerhalb 24 Stunden überhaupt trat

ein in demselben Dezember, wo die Temperatur von —27,4° um 3^ha des 16. bis auf —3.9° um 3^ha des 17. stieg, also um 23.5°, was eine stündliche Anderung von rund 1° bedeutet.

Mittlere stündliche Veränderlichkeit. Ich habe dann noch die mittlere stündliche Veränderlichkeit in den verschiedenen Monaten und im Jahresmittel berechnet. Der Berechnung wurde der tägliche Gang der Temperatur in den verschiedenen Monaten zugrunde gelegt. Es wurden also von je zwei aufeinanderfolgenden Stundenwerten eines mittleren Monatstages die Differenzen gebildet und diese ohne Rücksicht auf die Vorzeichen zum Mittel vereinigt, ausserdem wieder die Jahre zu einem Idealjahr zusammengefasst. Die dadurch erhaltenen Werte bilden die erste Kolumne in der folgenden Tabelle. Die Berücksichtigung der Vorzeichen ermöglichte wieder, das Verhältnis der Zahl der Erwärmungen zu der der Erkaltungen zu bestimmen. (Siehe auch Fig. 14 und 15).

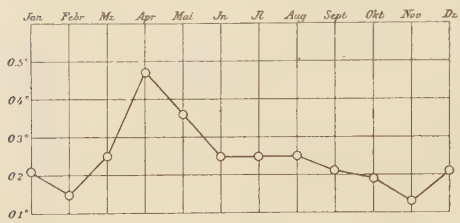

Fig. 14. Mittlere stündliche Veränderlichkeit in den einzelnen Monaten.

Fig. 15. Verhältnis der Zahl der Erwärmungen von Stunde zu Stunde zu der Zahl der Erkaltungen.

Mittlere stündliche Veränderlichkeit in den einzelnen Monaten (I) und Verhältnis der Zahl der Erwärmungen von Stunde zu Stunde zu der Zahl der Erkaltungen (II).

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
I.....	0.21°	0.15	0.25	**0.47**	0.36	0.25	0.25	0.25	0.21	0.19	0.13*	0.21
II.....	0.87	1.11	0.66	1.00	0.88	0.96	0.79	1.05	0.82	0.95	0.80	0.95

Frühj.	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
0.36	0.25	0.18	0.19	0.25
0.85	0.90	0.86	0.97	0.89

Demnach findet sich ein ausgeprägtes Maximum der stündlichen Veränderlichkeit im April, ein Minimum im November. Der Gang stimmt auffallend überein mit dem der Amplitude der täglichen Periode. (Vergl. die Fig. 14 und Fig. 10.) Vom Februar an finden wir bei beiden ein starkes Steigen, das sein Maximum im April erreicht. Von da ab fallen beide Kurven gleichmässig bis zum Juni, weisen einen Stillstand auf in den Monaten Juli und August,

bezw. September, um dann wieder langsam gegen den Winter hin zu fallen.

Die Anzahl der Erwärmungen von Stunde zu Stunde zur Anzahl der Erkaltungen schwankt in jedem Monat. Von einer Periode wird man wohl kaum sprechen können.

Schliesslich wurde noch die stündliche Veränderlichkeit der Temperatur im Jahresmittel untersucht. Dazu wurden alle Differenzen zwischen 0—1 Uhr in sämtlichen Monaten ohne Rücksicht auf die Vorzeichen addiert, desgl. die zwischen 1—2 Uhr u. s. f. und die Mittel gebildet. Die Mittelwerte für die einzelnen Jahreszeiten wurden in gleicher Weise berechnet und sind in Tabellen zusammengestellt. Hier sollen nur die Mittelwerte für das ganze Jahr wiedergegeben werden. (Siehe auch Fig. 16.

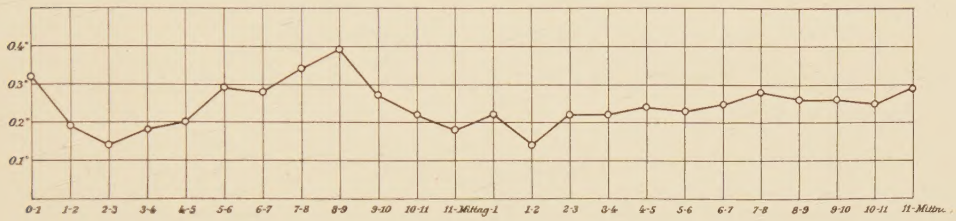

Fig. 16. Stündliche Veränderlichkeit im Jahresmittel.

Stündliche Veränderlichkeit im Jahresmittel.

	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12
Vorm.	0.32	0.19	0.14*	0.18	0.20	0.29	0.27	0.34	**0.39**	0.27	0.22	0.18
Nachm. . . .	0.22	0.14*	0.22	0.22	0.24	0.23	0.25	**0.28**	0.26	0.26	0.25	0.29

Die stündliche Veränderlichkeit im Jahresmittel zeigt dabei eine doppelte Periode; man erkennt drei Maxima und drei Minima. Die beiden stärksten Minima fallen in die Zeit der Temperatur-Extreme, nämlich um 3^h früh und 2^h nachmittags. Es liegt ja auch in der Natur des Maximums bezw. Minimums, dass sich die Werte in seiner Umgebung wenig ändern. (Differentialquotient gleich Null.) Ein Maximum findet sich um 0^h früh. Die beiden anderen liegen gleichweit von den Zeiten der Temperatur-Extreme entfernt, nämlich um 8^h früh und 8^h abends.

Lebenslauf.

Ich, Walther Brand, evangelischer Konfession, Preusse, wurde am 23. März 1880 als Sohn des Lehrers C. Brand in Corbach geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule trat ich Ostern 1890 in die Sexta des Gymnasiums meiner Vaterstadt ein, das ich Ostern 1899 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um mich dem Studium der Mathematik und Physik zu widmen. Von Ostern 1899 bis Ostern 1900 studierte ich in Heidelberg, von Ostern 1900 bis Ostern 1901 in Göttingen, von da bis Ostern 1903 in Marburg.

Meine akademischen Lehrer waren

in Heidelberg:

Brandt, Hettner, Kahle, Koehler, Koenigsberger, Landsberg, Quincke, Wolf;

in Göttingen:

Baumann, Freiberg, Hilbert, Klein, Liebisch, Mollwo, Rehnisch, Reichenbach, Rhumbler, Riecke, Stark, Voigt;

in Marburg:

Bauer, v. Dalwigk, v. Drach, Elster, Feussner, Hensel, Hess, Kayser, Kühnemann, Natorp, Oldenberg, Rade, Richarz, Schaum, Schottky, Tuczek, Zincke.

Am 30. Oktober 1903 bestand ich die Prüfung für das Lehramt an höheren Schulen und trat unmittelbar darauf das Seminarjahr in Weilburg an. Von Herbst 1904 an war ich als wissenschaftlicher Hülfslehrer zunächst ein halbes Jahr in Hersfeld, darauf ein Jahr in Corbach beschäftigt. Seit Ostern 1906 bin ich als Oberlehrer an der Oberrealschule mit Reformrealgymnasium in Marburg angestellt. Das examen rigorosum bestand ich am 15. Mai 1912.

Ich möchte auch an dieser Stelle den Herren Prof. Dr. Richarz und Dr. A. Wegener für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit und ihre liebenswürdige Unterstützung meinen verbindlichsten Dank sagen.